



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 04 JAN. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px;">Réservé à l'INPI</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b>  <b>À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b>              Manufacture Française des pneumatiques MICHELIN            Michel BOLINCHES            Service SGD/LG/PI - LAD            63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09.         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           REMISE DES PIÈCES            DATE <span style="font-size: 1.2em;">07.02.2000</span>            LIEU <span style="font-size: 1.5em;">99</span>            N° D'ENREGISTREMENT            NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <span style="font-size: 1.2em;">0001513</span>            DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE            PAR L'INPI <span style="font-size: 1.2em;">- 7 FEV. 2000</span> </div>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Vos références pour ce dossier</b>  <i>(facultatif)</i> P10-1195         </div>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie         </div>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <input checked="" type="checkbox"/> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>            Utilisation d'une composition de caoutchouc pour retarder lors du roulage l'apparition de l'usure irrégulière sur une bande de roulement de pneumatique destinée à porter de lourdes charges.         </div>			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b>  <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b>  <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b>  <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Pays ou organisation _____ N° _____            Date ____/____/____            Pays ou organisation _____ N° _____            Date ____/____/____            Pays ou organisation _____ N° _____            Date ____/____/____  <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <b>5 DEMANDEUR</b> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Nom ou dénomination sociale         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Société de Technologie MICHELIN         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Prénoms         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Société Anonyme         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Forme juridique         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Société Anonyme         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           N° SIREN         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">             4 . 1 . 4 . 6 . 2 . 4 . 3 . 7 . 9           </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Code APE-NAF         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">             . . . . .           </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Adresse         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Rue            23 rue Breschet         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Code postal et ville         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           63000 CLERMONT-FERRAND         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Pays         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           FRANCE         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Nationalité         </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Française         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           N° de téléphone <i>(facultatif)</i> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           04 73 10 71 71         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           N° de télécopie <i>(facultatif)</i> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           04 73 10 86 96         </div>	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           Adresse électronique <i>(facultatif)</i> </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">           _____         </div>	

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1B . / 2 . .

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

LIEU

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

0001513

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 W / 260899

Vos références pour ce dossier *facultatif*

P10-1195

**4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ  
OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE  
LA DATE DE DÉPÔT D'UNE  
DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE**

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

**5 DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale

MICHELIN Recherche et Technique S.A.

Prénoms

Forme juridique

Société Anonyme

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

Route Louis Braille 10 et 12

Code postal et ville

1763

GRANGES-PACCOT

Pays

SUISSE

Nationalité

Suisse

N° de téléphone *facultatif*

N° de télécopie *facultatif*

Adresse électronique *facultatif*

**5 DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

Code postal et ville

Pays

Nationalité

N° de téléphone *facultatif*

N° de télécopie *facultatif*

Adresse électronique *facultatif*


**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**

(Nom et qualité du signataire)

Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020

Michel BOLINCHES

**VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI**

REMISE DES PIÈCES DATE <b>07.10.2000</b> LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0001513</b>		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>			P10-1195		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société			Manufacture Française des Pneumatiques MICHELIN		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			PG 7112/7107		
Adresse	Rue		23 Place des Carmes Déchaux		
	Code postal et ville		63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09		
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>					
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>					
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			<b>Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):</i>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			1		
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM - Mandataire 422-5/S.020 Michel BOLINCHES				<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b> 	



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235°02

159

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 25C899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		P10-1195	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		00/01513	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  Utilisation d'une composition de caoutchouc pour retarder lors du roulage l'apparition de l'usure irrégulière sur une bande de roulement de pneumatique destinée à porter de lourdes charges.  <div style="text-align: right;">I.N.P.I. PARIS D.B  20/12/2000 393 423  00/01513  Scanned with 2112</div>			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>  Société de Technologie MICHELIN  MICHELIN Recherche et Technique S.A.			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).</b>			
Nom		HODGE	
Prénoms		Thomas	
Adresse	Rue	7 rue Claude Monnet	
	Code postal et ville	63170	AUBIERE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Pour MFPM (PG 7112/7107) Mandataire 422-S/5.020 Michel BOLINCHES			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

La présente invention concerne une utilisation d'une composition de caoutchouc pour retarder lors du roulage l'apparition de l'usure irrégulière sur une bande de roulement d'une enveloppe de pneumatique destinée à porter de lourdes charges. L'invention s'applique à des pneumatiques pour véhicules à moteur, tels que des véhicules poids-lourds, des véhicules de génie civil ou des avions.

D'une manière connue, on évalue la résistance à l'usure d'une enveloppe de pneumatique destinée à porter de lourdes charges par la mesure de la perte de poids de cette enveloppe, par rapport à une enveloppe témoin et suite à un roulage sur une même distance qui soit suffisante pour entraîner une perte de poids significative.

Indépendamment de la résistance à l'usure, on entend usuellement par moment d'apparition de l'usure irrégulière sur une bande de roulement le moment où la pente de la caractéristique « perte de poids de gomme en fonction de la distance de roulage » augmente d'une manière sensible (cette pente est parfois appelée « vitesse de perte de poids »). Ce changement soudain de pente coïncide avec la formation d'un facies particulier pour la face radialement externe de la bande de roulement.

Ce facies d'usure irrégulière peut être caractérisé, d'une part, par une vitesse de perte de poids très élevée à l'emplacement des bords des nervures centrales qui sont situées à proximité du plan circonférentiel médian de la bande de roulement et, d'autre part, par une vitesse de perte de poids à l'emplacement des nervures de la zone « épaule » de ladite bande qui est beaucoup plus élevée que celle qui est relative auxdites nervures centrales.

Pour retarder l'apparition de l'usure irrégulière dans une bande de roulement de pneumatique portant de lourdes charges, diverses voies ont été choisies.

Une première voie a consisté à agir sur les formes des sculptures de bande de roulement, comme par exemple décrit dans les documents de brevets JP-A-99/105 513, JP-A-97/175 120, ou EP-A-705 721.

Une seconde voie a consisté à réaliser une bande de roulement en deux parties, comme décrit dans le document de brevet US-A-4 360 049.

Une partie radialement externe (i.e. destinée à être en contact avec le sol) est constituée d'une composition de caoutchouc dont la matrice élastomère comprend à titre majoritaire un copolymère de styrène et de butadiène, et qui comprend une charge renforçante constituée de noir de carbone. Cette partie radialement externe procure à la bande de roulement correspondante une  
5 usure irrégulière qui est retardée d'une manière satisfaisante et, en outre, une résistance satisfaisante aux agressions dues au roulage. Cependant, une caractéristique intrinsèque de la composition qui constitue cette partie externe est qu'elle présente des pertes hystérétiques élevées.

C'est la raison pour laquelle est prévue une partie radialement interne pour ladite bande de  
10 roulement, qui est en contact avec la nappe sommet de protection extérieure. Cette partie radialement interne est constituée d'une composition intrinsèquement caractérisée par des pertes hystérétiques relativement réduites, ce qui a pour effet de limiter l'échauffement interne de la bande de roulement en roulage et, par conséquent, la résistance au roulement du pneumatique correspondant.

15 Une troisième voie a consisté à utiliser une bande de roulement qui est caractérisée par la formulation particulière de l'unique composition de caoutchouc qui la constitue.

En premier lieu, on a utilisé à titre de compositions uniques de bande de roulement des compositions comprenant une matrice élastomère à base de caoutchouc naturel, en raison des  
20 pertes hystérétiques réduites que ce dernier présente, et une charge renforçante constituée de noir de carbone. Un inconvénient de ces compositions réside dans l'adhérence relativement réduite qu'elles confèrent aux bandes de roulement correspondantes.

On a donc cherché à remplacer ces compositions en associant au noir de carbone une matrice élastomère à base d'un copolymère d'un monomère diène conjugué et d'un monomère  
25 vinylaromatique, tel qu'un copolymère de styrène et de butadiène. Les compositions en résultant confèrent aux bandes de roulement correspondantes des résultats satisfaisants pour ce qui est de la résistance à l'usure et de retarder l'usure irrégulière, et elles leur confèrent également une bonne résistance aux agressions dues au roulage. Cependant, ces compositions présentent des pertes hystérétiques très élevées.



C'est la raison pour laquelle on a cherché à adjoindre à ce type de copolymère une fonction active en extrémité de chaîne pour le couplage au noir de carbone. Les compositions ainsi obtenues présentent des pertes hystérétiques sensiblement équivalentes à celles générées par le caoutchouc naturel. Cependant, ces compositions confèrent à la bande de roulement une  
5 résistance insuffisante aux agressions et elles ne permettent ni de retarder d'une manière satisfaisante l'usure irrégulière, ni de procurer une résistance à l'usure satisfaisante.

En vue de remédier à l'ensemble des inconvénients précités, notamment relatifs aux pertes hystérétiques, à la résistance à l'usure et à l'usure irrégulière, on a récemment cherché à remplacer ces compositions traditionnelles de bande de roulement en utilisant de la silice à titre de charge  
10 renforçante majoritaire, à la place du noir de carbone.

L'association à de la silice majoritaire du caoutchouc naturel ou d'un copolymère préparé en solution d'un diène conjugué et d'un vinylaromatique procure des pertes hystérétiques qui sont relativement réduites pour les compositions correspondantes. Cependant, cette association ne permet pas de retarder d'une manière satisfaisante l'usure irrégulière pour les bandes de  
15 roulement constituées de ces compositions, et la résistance à l'usure de ces dernières est en outre très insatisfaisante.

D'une manière plus générale, on notera que l'utilisation d'une telle charge renforçante conduit à des compositions difficiles à mettre en oeuvre avec des polymères de synthèse. De plus, le coût de préparation de ces compositions est relativement élevé, du fait de l'utilisation  
20 obligatoire d'un agent de liaison silice/élastomère.

On notera également que l'utilisation de coupage noir de carbone/ silice à titre de charge renforçante implique les mêmes inconvénients précités, en relation avec une charge à base de noir de carbone ou de silice selon les fractions massiques relatives qui sont utilisées.

25 La demanderesse a découvert de façon inattendue qu'une composition de caoutchouc réticulable constituant l'intégralité d'une bande de roulement de pneumatique de type portant de lourdes charges, tel qu'un pneumatique poids-lourd, ladite composition comprenant:

- une matrice élastomère comprenant à titre majoritaire au moins un élastomère diénique essentiellement insaturé, qui comprend à l'une au moins de ses extrémités de chaîne un groupe  
30 fonctionnel actif pour un couplage à une charge blanche renforçante,

- une charge renforçante comprenant à titre majoritaire une charge blanche renforçante (i.e. selon une fraction massique supérieure à 50 %), et

- un agent de liaison charge blanche renforçante/ élastomère diénique fonctionnalisé,

peut être avantageusement utilisée pour retarder lors du roulage l'apparition de l'usure

5 irrégulière pour ladite bande de roulement, sans pénaliser pour cette dernière la résistance à l'usure et la résistance au roulement, par rapport à des compositions de bandes de roulement de type poids-lourd traditionnelles qui sont soit majoritairement à base de caoutchouc naturel et de noir de carbone, soit majoritairement à base de copolymères d'un diène conjugué et d'un vinylaromatique et de silice.

10

◇ Par élastomère ou caoutchouc "diénique", on entend de manière connue un élastomère issu au moins en partie (i.e. un homopolymère ou un copolymère) de monomères diènes (monomères porteurs de deux doubles liaisons carbone-carbone, conjuguées ou non).

15 De manière générale, on entend ici par élastomère diénique "essentiellement insaturé" un élastomère diénique issu au moins en partie de monomères diènes conjugués, ayant un taux de motifs ou unités d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 15 % (% en moles).

Dans la catégorie des élastomères diéniques "essentiellement insaturés", on entend en particulier par élastomère diénique "fortement insaturé" un élastomère diénique ayant un taux de motifs d'origine diénique (diènes conjugués) qui est supérieur à 50 %.

20 Ces définitions étant données, on entend en particulier par élastomère diénique essentiellement insaturé qui est susceptible d'être mis en oeuvre dans les compositions conformes à l'invention:

- tout homopolymère obtenu par polymérisation d'un monomère diène conjugué ayant de 4  
25 à 12 atomes de carbone;

- tout copolymère obtenu par copolymérisation d'un ou plusieurs diènes conjugués entre eux ou avec un ou plusieurs composés vinyle aromatique ayant de 8 à 20 atomes de carbone;

A titre de diènes conjugués conviennent notamment le butadiène-1,3, le 2-méthyl-1,3-butadiène, les 2,3-di(alkyle en C1 à C5)-1,3-butadiènes tels que par exemple le 2,3-diméthyl-1,3-

butadiène, le 2,3-diéthyl-1,3-butadiène, le 2-méthyl-3-éthyl-1,3-butadiène, le 2-méthyl-3-isopropyl-1,3-butadiène, un aryl-1,3-butadiène, le 1,3-pentadiène, le 2,4-hexadiène.

A titre de composés vinyle-aromatiques conviennent par exemple le styrène, l'ortho-, méta-, para-méthylstyrène, le mélange commercial "vinyle-toluène", le para-tertiobutylstyrène, les  
5 méthoxystyrènes, les chlorostyrènes, le vinylmésitylène, le divinylbenzène, le vinylnaphtalène.

De préférence, ledit élastomère diénique essentiellement insaturé de la composition selon l'invention étant constitué d'un copolymère d'un monomère diène conjugué et d'un monomère vinylaromatique.

10 Ce copolymère peut contenir entre 99% et 20% en poids d'unités diéniques et entre 1% et 80% en poids d'unités vinyle-aromatiques. De plus, il peut présenter une microstructure qui varie en fonction des conditions de polymérisation utilisées, notamment de la présence ou non d'un agent modifiant et/ou randomisant et des quantités d'agent modifiant et/ou randomisant employées. Ledit copolymère peut être par exemple à blocs, statistique, séquencé, microséquencé,  
15 et il est préparé en solution.

A titre encore plus préférentiel, conviennent à titre d'élastomères diéniques essentiellement insaturés de la composition selon l'invention les copolymères de butadiène-styrène préparés en solution (appelés SBR ci-après) et en particulier ceux ayant une teneur en styrène comprise entre 10% et 50% en poids et une température de transition vitreuse ( $T_g$ ) variant de  $-70^\circ \text{C}$  à  $-20^\circ \text{C}$ .

20 On notera cependant que ledit élastomère diénique essentiellement insaturé pourrait être choisi d'une manière générale dans le groupe des élastomères diéniques fortement insaturés préparés en solution comprenant, outre les copolymères précités de butadiène-styrène (SBR), les copolymères de butadiène-isoprène (BIR), les copolymères d'isoprène-styrène (SIR), les  
25 copolymères de butadiène-styrène-isoprène (SBIR) ou un mélange de deux ou plus de ces composés.

Le ou chaque groupe fonctionnel actif pour un couplage à une charge blanche renforçante, que comporte l'élastomère diénique essentiellement insaturé peut être constitué de tout groupe  
30 fonctionnel connu de l'homme du métier pour le couplage à la silice. On notera que les

élastomères couplés et étoilés sont également utilisables pour l'invention, pour autant qu'ils soient actifs pour le couplage précité.

A titre simplement illustratif et non limitatif, sont cités ci-après quelques exemples de groupes fonctionnels utilisables selon l'invention.

5           Ainsi dans le cadre de l'invention, conviennent à titre de groupe fonctionnel:

- un groupe silanol ou un bloc polysiloxane ayant une extrémité silanol, comme cela est décrit dans le document de brevet français FR-A-2 740 778 au nom de la demanderesse.

10           Plus précisément, ce document enseigne l'utilisation d'un agent de fonctionnalisation d'un polymère vivant obtenu par voie anionique, en vue d'obtenir une fonction active pour un couplage à de la silice. Cet agent de fonctionnalisation est constitué d'un polysiloxane cyclique, tel qu'un polyméthylcyclo -tri, -tétra ou -déca siloxane, ledit agent étant, à titre préférentiel, l'hexaméthylcyclotrisiloxane. Les polymères fonctionnalisés ainsi obtenus peuvent être séparés du milieu réactionnel conduisant à leur formation par extraction à la vapeur d'eau du solvant, sans que leur macrostructure et, par conséquent, leurs propriétés physiques n'évoluent.

15           - un groupe alkoxysilane.

On peut citer à ce titre la réaction de fonctionnalisation décrite dans le document de brevet international WO-A-88/05448 en vue d'un couplage à de la silice, qui consiste à faire réagir sur un polymère vivant obtenu par voie anionique un composé alkoxysilane ayant au moins un reste alkoxyle non hydrolysable. Ce composé est choisi parmi les halogénoalkylalkoxysilane.

20           On peut également citer le document de brevet français FR-A-2 765 882, au titre de l'obtention de fonctions alkoxysilane. Ce document divulgue l'utilisation d'un trialkoxysilane, tel que le 3-glycidyloxypropyltrialkoxysilane, pour la fonctionnalisation d'un polymère diénique vivant, en vue du couplage à du noir de carbone ayant de la silice fixée à sa surface à titre de charge renforçante majoritaire.

25

On notera que le taux de fonctions actives obtenues dans l'élastomère fonctionnalisé selon l'invention est de préférence supérieur à 70 %.

30           Bien entendu, les compositions de l'invention peuvent contenir un seul élastomère diénique comportant un ou plusieurs groupes fonctionnels actifs pour un couplage à une charge blanche

renforçante, ou un coupage de cet élastomère avec tout autre élastomère conventionnellement utilisé dans les pneumatiques, tel que du caoutchouc naturel ou un coupage à base de caoutchouc naturel et d'un élastomère synthétique éventuellement couplé et/ou étoilé ou encore partiellement ou entièrement fonctionnalisé de sorte à présenter une groupe fonctionnel ne présentant pas l'activité précitée.

Il est évident que plus la fraction d'élastomère ne comportant pas ledit groupe fonctionnel actif pour un couplage à une charge blanche renforçante sera élevée dans la composition conforme à l'invention, moindre sera l'amélioration des propriétés de ladite composition.

Cette fraction d'élastomère dépourvu dudit groupe fonctionnel actif selon l'invention pourra varier entre 1 et 70 parties en poids pour 100 parties d'élastomère comportant ledit groupe selon l'invention.

Les compositions conformes à l'invention peuvent être préparées selon les procédés connus de travail thermo-mécanique des constituants en une ou plusieurs étapes. On peut par exemple les obtenir par un travail thermo-mécanique en une étape dans un mélangeur interne qui dure de 3 à 7 minutes, avec une vitesse de rotation des palettes de 50 tours par minute, ou en deux étapes dans un mélangeur interne qui durent respectivement de 3 à 5 minutes et de 2 à 4 minutes, suivies d'une étape de finition effectuée à environ 80° C, pendant laquelle sont incorporés le soufre et les accélérateurs de vulcanisation dans le cas d'une composition à réticuler au soufre.

◇ La charge blanche renforçante qui est utilisée à titre de charge renforçante peut constituer la totalité ou une partie majoritaire de la charge renforçante totale, dans ce dernier cas associée par exemple à du noir de carbone.

De préférence, dans les compositions de caoutchouc conformes à l'invention, la charge blanche renforçante constitue la majorité, i.e. plus de 50 % en poids de la charge renforçante totale, plus préférentiellement plus de 80 % en poids de cette charge renforçante totale. En effet, l'expérience montre que les propriétés précitées de la composition selon l'invention sont d'autant plus améliorées, que la charge renforçante qu'elle comprend contient une fraction massique plus élevée en charge blanche renforçante, et que lesdites propriétés sont optimales lorsque ladite

composition contient uniquement une charge blanche renforçante, par exemple de la silice, à titre de charge renforçante. Ce dernier cas constitue donc un exemple préférentiel de composition de caoutchouc selon l'invention.

De plus, ladite charge blanche renforçante est présente dans ladite composition selon une quantité allant de 20 à 80 pce (parties en poids pour cent parties de ladite matrice élastomère).

Dans la présente demande, on entend par "charge blanche renforçante" une charge "blanche" (i.e., inorganique, en particulier minérale), parfois aussi appelée charge "claire", capable de renforcer à elle seule, sans autre moyen qu'un système de couplage intermédiaire, une composition de caoutchouc destinée à la fabrication de pneumatiques, en d'autres termes capable de remplacer dans sa fonction de renforcement une charge conventionnelle de noir de carbone de grade pneumatique.

Préférentiellement, la charge blanche renforçante est, en totalité ou tout du moins majoritairement, de la silice ( $\text{SiO}_2$ ). La silice utilisée peut être toute silice renforçante connue de l'homme du métier, notamment toute silice précipitée ou pyrogénée présentant une surface BET ainsi qu'une surface spécifique CTAB toutes deux inférieures à  $450 \text{ m}^2/\text{g}$ , même si les silices précipitées hautement dispersibles sont préférées.

A titre encore plus préférentiel, ladite silice présentant des surfaces spécifiques BET ou CTAB qui vont toutes deux de  $80 \text{ m}^2/\text{g}$  à  $260 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Dans le présent exposé, la surface spécifique BET est déterminée de manière connue, selon la méthode de Brunauer-Emmet-Teller décrite dans "The Journal of the American Chemical Society" Vol. 60, page 309, février 1938 et correspondant à la norme AFNOR-NFT-45007 (novembre 1987) ; la surface spécifique CTAB est la surface externe déterminée selon la même norme AFNOR-NFT-45007 de novembre 1987.

Par silice hautement dispersible, on entend toute silice ayant une aptitude très importante à la désagglomération et à la dispersion dans une matrice élastomérique, observable de manière connue par microscopie électronique ou optique, sur coupes fines. Comme exemples non limitatifs de telles silices hautement dispersibles préférentielles, on peut citer la silice Perkasil KS 430 de la société Akzo, la silice BV 3380 de la société Degussa, les silices Zeosil 1165 MP et 1115 MP de la société Rhodia, la silice Hi-Sil 2000 de la société PPG, les silices Zeopol 8741 ou 8745 de la

Société Huber, des silices précipitées traitées telles que par exemple les silices "dopées" à l'aluminium décrites dans la demande EP-A-0 735 088.

L'état physique sous lequel se présente la charge blanche renforçante est indifférent, que ce soit sous forme de poudre, de microperles, de granulés, ou encore de billes. Bien entendu on entend également par charge blanche renforçante des mélanges de différentes charges blanches renforçantes, en particulier de silices hautement dispersibles telles que décrites ci-dessus.

La charge blanche renforçante peut être également utilisée en coupage (mélange) avec du noir de carbone. Comme noirs de carbone conviennent tous les noirs de carbone, notamment les noirs du type HAF, ISAF, SAF, conventionnellement utilisés dans les pneumatiques et particulièrement dans les bandes de roulement des pneumatiques. A titre d'exemples non limitatifs de tels noirs, on peut citer les noirs N115, N134, N234, N339, N347, N375. La quantité de noir de carbone présente dans la charge renforçante totale peut varier dans de larges limites, cette quantité étant préférentiellement inférieure à la quantité de charge blanche renforçante présente dans la composition de caoutchouc.

Par exemple, les coupages noir/ silice ou les noirs partiellement ou intégralement recouverts de silice conviennent pour constituer la charge renforçante. Conviennent également les noirs de carbone modifiés par de la silice tels que, à titre non limitatif, les charges qui sont commercialisées par la société CABOT sous la dénomination « CRX 2000 », et qui sont décrites dans le document de brevet international WO-A-96/37547.

A titre de charge blanche renforçante, on peut également utiliser, à titre non limitatif,

- des alumines (de formule  $Al_2O_3$ ), telles que les alumines à dispersibilité élevée qui sont décrites dans le document de brevet européen EP-A-810 258, ou encore

- des hydroxydes d'aluminium, tels que ceux décrits dans le document de brevet international WO-A-99/28376.

◇ La composition de caoutchouc selon l'invention comprend en outre de manière classique un agent de liaison charge blanche renforçante / matrice élastomère (encore appelé agent de couplage), qui a pour fonction d'assurer une liaison (ou couplage) suffisante, de nature

chimique et/ou physique, entre ladite charge blanche et la matrice, tout en facilitant la dispersion de cette charge blanche au sein de ladite matrice.

Un tel agent de liaison, au moins bifonctionnel, a par exemple comme formule générale simplifiée « Y-T-X », dans laquelle:

- 5           - Y représente un groupe fonctionnel (fonction « Y ») qui est capable de se lier physiquement et/ou chimiquement à la charge blanche, une telle liaison pouvant être établie, par exemple, entre un atome de silicium de l'agent de couplage et les groupes hydroxyle (OH) de surface de la charge (par exemple les silanols de surface lorsqu'il s'agit de silice);
- X représente un groupe fonctionnel (« fonction X ») qui est capable de se lier
- 10           physiquement et/ou chimiquement à l'élastomère, par exemple par l'intermédiaire d'un atome de soufre;
- T représente un groupe hydrocarboné permettant de relier Y et X.

Ces agents de liaison ne doivent en particulier pas être confondus avec de simples agents de recouvrement de la charge considérée lesquels, de manière connue, peuvent comporter la

15           fonction Y active vis-à-vis de la charge, mais sont dépourvus de la fonction X active vis-à-vis de l'élastomère.

De tels agents de liaison, d'efficacité variable, ont été décrits dans un très grand nombre de documents et sont bien connus de l'homme du métier. On peut utiliser en fait tout agent de liaison connu pour ou susceptible d'assurer efficacement, dans les compositions de caoutchouc diénique

20           utilisables pour la fabrication de pneumatiques, la liaison entre silice et élastomère diénique, tels que par exemple des organosilanes, notamment des alkoxysilanes polysulfurés ou des mercaptosilanes, ou des polyorganosiloxanes porteurs des fonctions X et Y précitées.

L'agent de couplage préférentiellement utilisé dans les compositions de caoutchouc

25           conformes à l'invention est un alkoxysilane polysulfuré, porteur de manière connue de deux fonctions notées ici "Y" et "X", greffable d'une part sur la charge blanche au moyen de la fonction "Y" (fonction alkoxysilyle) et d'autre part sur l'élastomère au moyen de la fonction "X" (fonction soufrée).

On utilise en particulier des alkoxysilanes polysulfurés, tels que décrits par exemple dans

30           les documents de brevet US-A-3 842 111, US-A-3 873 489, US-A-3 978 103, US-A-3 997 581

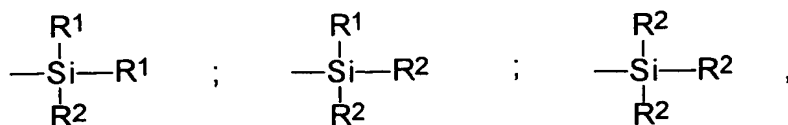


déjà cités, ou dans les documents de brevet plus récents US-A- 5 580 919, US-A- 5 583 245, US-A- 5 663 396, US-A- 5 684 171, US-A- 5 684 172, US-A- 5 696 197 qui décrivent en détails de tels composés connus.

Conviennent en particulier pour la mise en oeuvre de l'invention, sans que la définition ci-après soit limitative, des alkoxysilanes polysulfurés dits "symétriques" répondant à la formule générale (I) suivante:

(I)  $Z - A - S_n - A - Z$ , dans laquelle:

- n est un entier de 2 à 8;
- A est un radical hydrocarboné divalent;
- Z répond à l'une des formules ci-après:



dans lesquelles:

- les radicaux  $R^1$ , substitués ou non substitués, identiques ou différents entre eux, représentent un groupe alkyle en  $C_1-C_{18}$ , cycloalkyle en  $C_5-C_{18}$  ou aryle en  $C_6-C_{18}$ ;
- les radicaux  $R^2$ , substitués ou non substitués, identiques ou différents entre eux, représentent un groupe alkoxyle en  $C_1-C_{18}$  ou cycloalkoxyle en  $C_5-C_{18}$ .

Dans la formule (I) ci-dessus, le nombre n est de préférence un nombre entier de 3 à 5.

Dans le cas d'un mélange d'alkoxysilanes polysulfurés répondant à la formule (I) ci-dessus, notamment des mélanges usuels disponibles commercialement, la valeur moyenne des "n" est un nombre fractionnaire, de préférence compris entre 3 et 5, plus préférentiellement proche de 4.

Le radical A, substitué ou non substitué, est de préférence un radical hydrocarboné divalent, saturé ou non saturé, comportant de 1 à 18 atomes de carbone. Conviennent notamment des groupements alkylène en  $C_1-C_{18}$  ou des groupements arylène en  $C_6-C_{12}$ , plus particulièrement des alkylènes en  $C_1-C_{10}$ , notamment en  $C_2-C_4$ , en particulier le propylène.

Les radicaux  $R^1$  sont préférentiellement des groupes alkyle en  $C_1-C_6$ , cyclohexyle ou phényle, notamment des groupes alkyle en  $C_1-C_4$ , plus particulièrement le méthyle et/ou l'éthyle.

Les radicaux  $R^2$  sont préférentiellement des groupes alkoxy en  $C_1-C_8$  ou cycloalkoxy en  $C_5-C_8$ , plus particulièrement le méthoxy et/ou l'éthoxy.

De tels alcoxysilanes polysulfurés dits "symétriques", ainsi que certains de leurs procédés d'obtention sont par exemple décrits dans les brevets récents US-A- 5 684 171 et US-A- 5 684 172 donnant une liste détaillée de ces composés connus, pour n variant de 2 à 8.

Préférentiellement, l'alkoxysilane polysulfuré mis en oeuvre dans l'invention est un polysulfure, en particulier un tétrasulfure, de bis(alkoxyl( $C_1-C_4$ )silylpropyle), plus préférentiellement de bis(trialkoxyl( $C_1-C_4$ )silylpropyle), notamment de bis(3-triéthoxysilylpropyle) ou de bis(3-triméthoxysilylpropyle).

A titre d'exemple particulièrement préférentiel, on utilise le tétrasulfure de bis(triéthoxysilylpropyle) ou TESPT, de formule  $[(C_2H_5O)_3Si(CH_2)_3S_2]_2$ , commercialisé par exemple par la société Degussa sous la dénomination Si69 (ou X50S lorsqu'il est supporté à 50% en poids sur du noir de carbone), ou encore par la société Witco sous la dénomination Silquest A1289 (dans les deux cas mélange commercial de polysulfures avec une valeur moyenne pour n qui est proche de 4).

Dans les compositions de caoutchoucs conformes à l'invention, la teneur en alcoxysilane polysulfuré peut être comprise dans un domaine de 1 % à 15% par rapport au poids de charge blanche renforçante.

Bien entendu, l'alkoxysilane polysulfuré pourrait être préalablement greffé (via la fonction "X") sur l'élastomère diénique de la composition de l'invention, l'élastomère ainsi fonctionnalisé ou "précouplé" comportant alors la fonction "Y" libre pour la charge blanche renforçante. L'alkoxysilane polysulfuré pourrait également être préalablement greffé (via la fonction "Y") sur la charge blanche renforçante, la charge ainsi "précouplée" pouvant ensuite être liée à l'élastomère diénique par l'intermédiaire de la fonction libre "X".

On préfère toutefois, notamment pour des raisons de meilleure mise en oeuvre des compositions à l'état cru, utiliser l'agent de couplage, soit greffé sur la charge blanche renforçante, soit à l'état libre (i.e., non greffé).

Les compositions conformes à l'invention contiennent, outre ladite matrice élastomère, ladite charge renforçante et le(s) agent(s) de liaison charge blanche renforçante/ élastomère, tout ou partie des autres constituants et additifs habituellement utilisés dans les mélanges de caoutchouc, comme des plastifiants, pigments, antioxydants, cires anti-ozonantes, un système de vulcanisation à base soit de soufre et/ou peroxyde et/ou de bismaléimides, des accélérateurs de vulcanisation, des huiles d'extension, un ou des agents de recouvrement de la charge blanche renforçante, tels que des alkylalkoxysilanes, polyols, amines, amides, etc...

Les caractéristiques précitées de la présente invention, ainsi que d'autres, seront mieux comprises à la lecture de la description suivante de plusieurs exemples de réalisation de l'invention, donnés à titre illustratif et non limitatif.

Dans tous les exemples, sauf indication différente, les compositions sont données en poids, et les propriétés des compositions de caoutchouc sont évaluées comme suit:

- Dureté Shore:

La dureté shore A est mesurée selon la norme ASTM D 2240-91.

- Modules d'allongement:

On mesure les modules d'allongement à 100 % (MA100) et à 300 % (MA300) selon la norme ISO37-1977.

- Pertes hystérétiques (PH):

Les pertes hystérétiques (PH) sont mesurées par rebond à 60° C selon la norme ISO R17667 et sont exprimées en %.

- Propriétés dynamiques à 10 Hz et 60° C:

Il s'agit du module maximal à faible déformation (en MPa) et de la valeur maximale de tangente delta.

- Résistance au roulement:

Elle est évaluée (en %) sur un volant par le rapport des énergies, pour un pneumatique « témoin » et un pneumatique à tester, nécessaires pour conserver sur ledit volant une vitesse déterminée de roulage. La résistance au roulement est améliorée si le rapport « témoin/ à tester » est supérieur à 100.

- Résistance à l'usure:

Elle est évaluée par le rapport (en %) de la perte de poids d'un pneumatique « témoin » sur celle d'un pneumatique à tester, lesdits pneumatiques étant en tous points identiques hormis la bande de roulement.

- Augmentation de pertes de poids:

Cette valeur représente la différence relative (en %) entre une vitesse de perte de poids initiale (en début de roulage, soit entre 0 et 50 000 km) et une vitesse de perte de poids finale (en fin de vie, soit après 100 000 km de roulage). Plus précisément, cette augmentation de perte de poids est définie par le rapport « (perte de poids finale - perte de poids initiale) / (perte de poids initiale) ». Une valeur d'augmentation de perte de poids inférieure à 100 % témoigne d'une amélioration par rapport au pneumatique « témoin ».

- Début d'usure irrégulière:

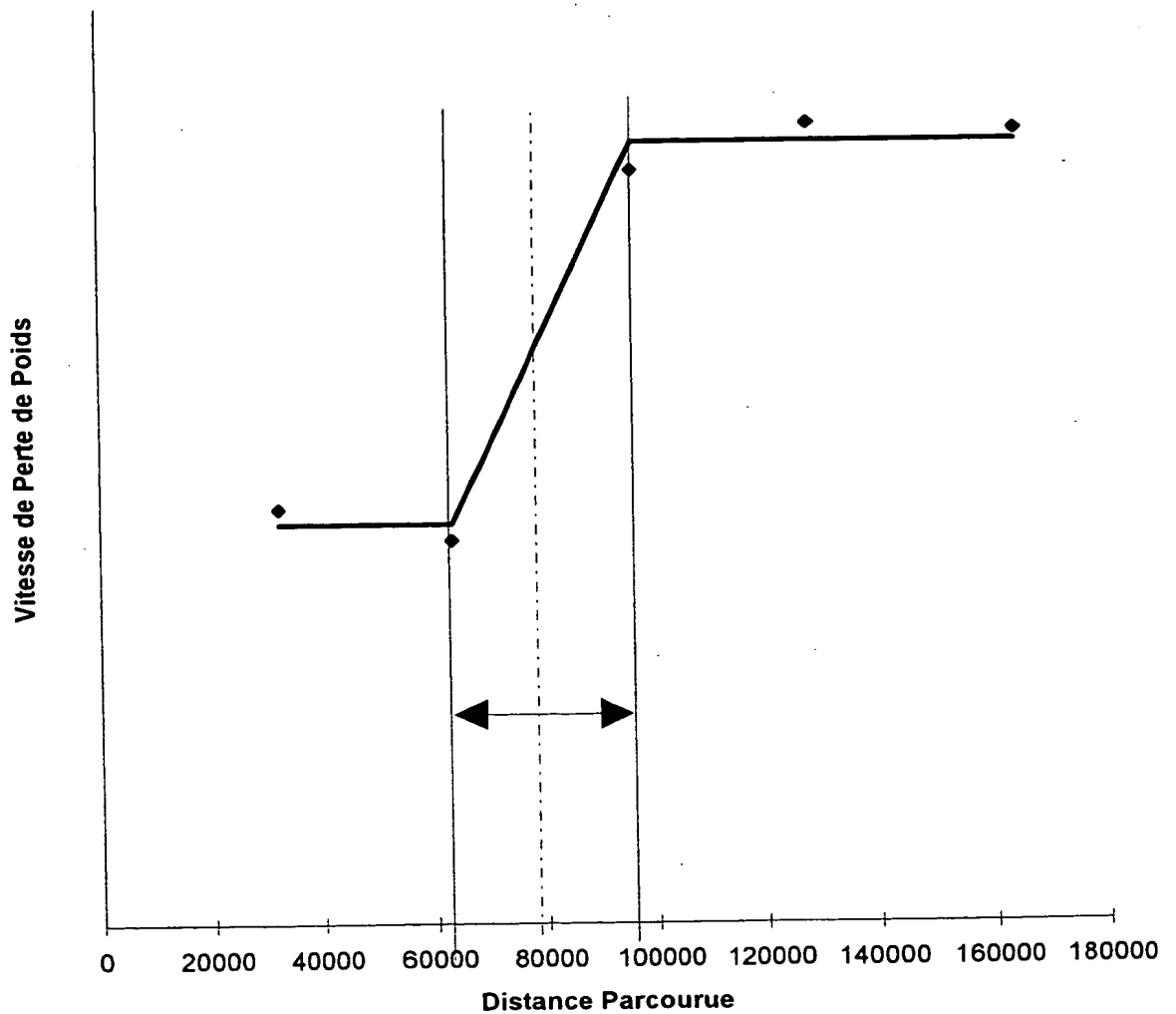
Cette valeur représente d'une manière générale la distance parcourue à laquelle apparaît le changement de la vitesse de perte de poids.

Comme on peut le voir sur le graphique type ci-après annexé (les valeurs en abscisse sont données uniquement à titre illustratif), la caractéristique usuelle de la vitesse de perte de poids en fonction de la distance parcourue présente successivement:

- un premier tronçon de pente sensiblement nulle correspondant à une usure normale du pneumatique (non irrégulière),
- un second tronçon sensiblement linéaire et de pente relativement élevée correspondant au début de l'usure irrégulière, et

- un troisième tronçon de pente sensiblement nulle correspondant à la fin de vie du pneumatique.

5 Pour quantifier le début de l'usure irrégulière se rapportant à ce second tronçon, on a utilisé dans les exemples qui suivent une valeur médiane de distance de roulage (voir ligne en pointillés sur le graphique), laquelle correspond sensiblement à une vitesse de perte de poids médiane.



**EXEMPLE 1:**

On a testé dans cet exemple des compositions de bande de roulement de pneumatique de type poids-lourd, qui sont destinés à être montés sur un essieu moteur d'un véhicule poids-lourd.

5 On a comparé quatre compositions conformes à l'invention (compositions 3 à 6), qui sont toutes à base d'un SBR comportant en bout de chaîne un groupe fonctionnel actif pour un couplage à la silice et d'une charge renforçante constituée de silice, avec:

10 - une composition « témoin » (composition 1) qui est représentative de l'état de la technique connu pour un pneu poids-lourd monté sur un essieu moteur. Cette composition est à base d'un coupage de caoutchouc naturel (il s'agit d'un caoutchouc naturel peptisé, de Mooney ML(1+4) à 100° C égal à 60) et d'un polybutadiène à fort taux de cis (BR cis), et d'une charge renforçante constituée de noir de carbone, et

15 - une composition non conforme à l'invention (composition 2) qui est à base d'un coupage de deux SBR A et B non fonctionnalisés (SBR A est non étendu à l'huile, alors que SBR B est étendu avec 35,5 parties en poids d'huile aromatique) et d'une charge renforçante constituée de silice.

Les formulations respectives de ces compositions sont données dans le tableau 1 ci-après.

20 Concernant les compositions 2 à 6, les SBR utilisés (A, B, C, D) sont tous préparés en solution et en continu. Plus précisément, leurs caractéristiques de viscosité et de microstructure sont citées dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1:

SBR	Mooney ML(1+4)	taux (%) de -1,2	taux (%) de styrène
SBR A	54	24	25
SBR B	54	24	40
SBR C	48	24	33
SBR D	48	24	30

Quant à la silice utilisée dans ces compositions 2 à 6, il s'agit d'une silice hautement dispersible dont la dénomination est « Zeosil 1165 MP » et qui est commercialisée par la société Rhodia.

5 Concernant les compositions 3 à 6 selon l'invention, le SBR C utilisé est un SBR fonctionnalisé avec l'hexaméthylcyclotrisiloxane, de telle sorte qu'il comporte en extrémité de chaîne un groupe diméthylsilanol. On pourra se référer au document de brevet français FR-A- 2 740 778 pour une description détaillée de la synthèse de ce SBR fonctionnalisé.

10 Plus précisément, on notera que la composition 4 se différencie de la composition 3 par la nature de l'huile d'extension qu'elle comporte (huile paraffinique à la place d'une huile aromatique).

On notera également que la composition 5 se différencie de la composition 4, en ce qu'elle comporte un agent de recouvrement « Si116 » (hexadécyltriméthoxysilane) de la silice.

15 On notera enfin que la composition 6 se différencie des compositions 3 et 4, en ce que sa matrice élastomère est constituée d'un coupage de 70 parties en poids dudit SBR C fonctionnalisé avec 30 parties en poids d'un SBR D ne comprenant pas de fonction active pour un couplage à la silice (SBR D est un SBR étoilé avec  $\text{SnCl}_4$ ).

On a procédé à la vulcanisation de chacune de ces compositions à une température de  $150^\circ \text{C}$ , pendant une durée suffisante pour atteindre 99 % de la valeur maximale du couple mesuré au rhéomètre.

Tableau 2:

Composition	comp. 1	comp. 2	comp. 3	comp. 4	comp. 5	comp. 6
NR	60	-	-	-	-	-
BR cis	40	-	-	-	-	-
SBR A	-	50	-	-	-	-
SBR B	-	68,75	-	-	-	-
SBR C	-	-	100	100	100	70
SBR D	-	-	-	-	-	30
N234	54	-	-	-	-	-
Zeosil 1165 MP	-	57,5	65	65	65	65
X50S	-	9	10,2	10,2	10,2	10,2
Huile aromatique	-	-	18,75	-	-	-
Huile paraffinique	-	-	-	18,75	18,75	18,75
Paraffine	1	1	1	1	1	1
ZnO	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Acide stéarique	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Diphénylguanidine	-	1,1	1,25	1,25	1,25	1,25
Antioxydant	2	2	2	2	2	2
Si116	-	-	-	-	1,5	-
Soufre soluble	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
CBS	1,1	2	1,2	1,2	1,2	1,2
ZBEC	-	-	0,2	0,2	0,2	0,2

Dans ce tableau 2:

- 5 - « X50S » est la dénomination d'un agent de liaison silice/ élastomère, commercialisé par la société Degussa, et constitué de l'association de l'agent de liaison de dénomination « Si69 » (bis-3-(triéthoxysilyl)propyl) tétrasulfure) et d'un noir de carbone N330 dans un rapport pondéral 50/50;



- l'antioxydant utilisé est la N-(1,3-diméthyl butyl) N'-phényl p-phénylène diamine (6PPD en abrégé);

- « CBS » et « ZBEC » sont les dénominations d'accélérateurs de vulcanisation (respectivement cyclohexyl benzothiazyl sulfénamide et dibenzylthiocarbamate de zinc).

5

On a comparé entre elles les propriétés à l'état vulcanisé des compositions 1 à 6. Les résultats sont consignés dans le tableau 3.

Tableau 3:

10

Compositions	comp. 1	comp. 2	comp. 3	comp. 4	comp. 5	comp. 6
Shore A	64	65	66	64	62	67
MA100	2,00	2,05	2,20	2,13	2,03	2,20
MA300 / MA100	1,16	1,15	1,45	1,45	1,525	1,425
PH (%)	28	23,5	19,9	18,3	16,1	20,8
<b>Propriétés dynamiques</b>						
Module maximum (MPa)	6,26	3,87	3,05	2,65	2,01	3,48
tangente delta maximum	0,193	0,180	0,125	0,116	0,096	0,142
<b>Résultats en roulage</b>						
Résistance au roulement (%)	100	104	113	114	118	111
Résistance à l'usure (%)	100	52	104	112	104	107
Augmentation de perte de poids (%)	100		89	87	91	86
Début usure irrégulière (10 <sup>3</sup> km)	48		80	80	80	80

Ce tableau 3 montre que pour les compositions de bande de roulement 3, 4, 5 et 6 conformes à l'invention, la résistance au roulement est notablement réduite, la résistance à l'usure augmentée et le retard dans l'apparition de l'usure irrégulière est significativement accru, d'une part, vis-à-vis de la composition 1 « témoin » à base du coupage NR/ BR et de noir de carbone et, d'autre part, vis-à-vis de la composition 2 « non conforme » à base de SBR non fonctionnalisé et de silice.

15

En particulier, on notera que l'apparition du phénomène d'usure irrégulière est nettement retardée pour les compositions 3 à 6 selon l'invention, cette apparition correspondant à une distance de roulage qui est sensiblement doublée par rapport à celle relative à l'apparition de ce phénomène pour les compositions 1 et 2.

5 Ce retard dans l'apparition de l'usure irrégulière, joint à cette réduction de la résistance au roulement, représente un préjugé technique vaincu. En effet, il est connu de l'homme du métier que, dans le cas de pneumatiques poids-lourd montés sur un essieu moteur, lorsque la résistance au roulement diminue, la résistance à l'usure irrégulière augmente, et inversement.

10

### EXEMPLE 2:

On a testé dans cet exemple des compositions de bande de roulement de pneumatique de type poids-lourd, qui sont destinés à être montés sur un essieu directeur d'un véhicule poids-  
15 lourd.

On a comparé deux des compositions conformes à l'invention de l'exemple 1, qui sont lesdites compositions 4 et 5, avec:

- une nouvelle composition « témoin » (composition 7) dont la matrice élastomère est constituée de caoutchouc naturel (il s'agit dudit caoutchouc naturel peptisé, de Mooney ML(1+4) à 100° C égal à 60), et d'une charge renforçante constituée de noir de carbone, et  
20
- ladite composition non conforme à l'invention de l'exemple 1 (composition 2).

Plus précisément, on notera que la composition 7 « témoin » comporte une résine RF aralkyl et une huile d'extension différente de celle comprise dans les compositions 2, 4 et 5 et, en plus de l'agent antioxydant « 6PPD » présent dans lesdites compositions 2, 4 et 5, un autre agent  
25 anti-oxydant connu sous l'abréviation « TMQ » (triméthylquinoléine constituée d'une 1,2-dihydro-2,2,4-triméthylquinone polymérisée).

On a procédé à la vulcanisation de chacune de ces compositions à une température de 150° C, pendant une durée suffisante pour atteindre 99 % de la valeur maximale du couple mesuré au rhéomètre.

30

Tableau 4:

Composition	comp. 7	comp. 2	Comp. 4	comp. 5
NR	100	-	-	-
SBR A	-	50	-	-
SBR B	-	68,75	-	-
SBR C	-	-	100	100
N375	47,5	-	-	-
Zeosil 1165	-	57,5	65	65
X50S	-	9	10,2	10,2
Huile paraffinique	-	-	18,75	18,75
Resine RF Aralkyl	1	-	-	-
Huile Hexa 2.5	0,5	-	-	-
Paraffine	1	1	1	1
ZnO	3,0	2,5	2,5	2,5
Acide stéarique	2,5	2,0	2,0	2,0
Diphénylguanidine	-	1,1	1,25	1,25
Antioxydant (6PPD)	2	2	2	2
TMQ	1	-	-	-
Si116	-	-	-	1,5
Soufre soluble	1,5	1,2	1,2	1,2
CBS	0,6	2	1,2	1,2
ZBEC	-	-	0,2	0,2

Dans ce tableau 4:

- 5
- la résine « RF Aralkyl » est une résine résorcinol formol et
  - l'huile Hexa 2.5 est une huile à base d'hexadécylamine.

On a comparé entre elles les propriétés à l'état vulcanisé de ces compositions 2,4, 5 et 7.  
Les résultats son consignés dans le tableau 5.

Tableau 5:

Compositions	comp. 7	comp. 2	comp. 4	comp. 5
Shore A	64	65	64	62
MA100	2,10	2,05	2,13	2,03
MA300 / MA100	1,247	1,15	1,45	1,525
PH (%)	23	23,5	18,3	16,1
<b>Propriétés dynamiques</b>				
Module maximum (MPa)	4,61	3,87	2,65	2,01
tangente delta maximum	0,144	0,180	0,116	0,096
<b>Résultats en roulage</b>				
Résistance au roulement (%)	100	79	107	109
Résistance à l'usure (%)	100	94	100	97
Augmentation de perte de poids (%)	100		28	64
Début usure irrégulière (10 <sup>3</sup> km)	79		95	95

5

Ce tableau 5 montre que pour les compositions de bande de roulement 4 et 5 conformes à l'invention, la résistance au roulement est notablement réduite, la résistance à l'usure sensiblement égale et le retard dans l'apparition de l'usure irrégulière est accru, d'une part, vis-à-vis de la composition 7 « témoin » à base de NR et de noir de carbone et, d'autre part, vis-à-vis de la composition 2 « non conforme » à base de SBR non fonctionnalisé et de silice.

10

De plus, on notera que pour les compositions de bande de roulement 4 et 5 conformes à l'invention, l'augmentation de perte de poids est très réduite par rapport à celle de la composition « témoin » 7, ce qui atteste d'un niveau d'usure irrégulière réduit pour ces compositions 4 et 5 selon l'invention.

15

## REVENDICATIONS

1) Utilisation d'une composition de caoutchouc réticulable pour retarder lors du roulage l'apparition de l'usure irrégulière pour une bande de roulement d'un pneumatique adapté pour  
5 porter de lourdes charges, tel qu'un pneumatique poids-lourds, ladite bande de roulement étant constituée de ladite composition qui comprend:

- une matrice élastomère comprenant à titre majoritaire au moins un élastomère diénique, qui comprend à l'une au moins de ses extrémités de chaîne un groupe fonctionnel actif pour un couplage à une charge blanche renforçante,

10 - une charge renforçante comprenant à titre majoritaire une charge blanche renforçante, et  
- un agent de liaison charge blanche renforçante/ élastomère diénique fonctionnalisé.

2) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'élastomère diénique est constitué d'un copolymère d'un monomère diène conjugué et d'un  
15 monomère vinylaromatique.

3) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit copolymère présente une température de transition vitreuse comprise entre -70° C et -  
20° C et un taux massique d'unités vinylaromatiques allant de 10 % à 50 %.

20 4) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit ou chaque groupe fonctionnel actif pour un couplage à une charge blanche renforçante est constitué d'un groupe silanol ou d'un bloc polysiloxane ayant une extrémité silanol.

25 5) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que ledit ou chaque groupe fonctionnel actif pour un couplage à une charge blanche renforçante est constitué d'un groupe alkoxysilane.

6) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite charge blanche renforçante est constituée de silice présente dans ladite composition selon une quantité allant de 20 à 80 pce (parties en poids pour cent parties de ladite matrice élastomère).

5

7) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon la revendication 6, caractérisée en ce que ladite silice présente une surface spécifique CTAB allant de 80 m<sup>2</sup>/g à 260 m<sup>2</sup>/g.

8) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit agent de liaison charge blanche renforçante/ élastomère diénique fonctionnalisé est constitué d'un alkoxysilane polysulfuré.

10

9) Utilisation d'une composition de caoutchouc selon une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ladite composition comprend également un agent de recouvrement de ladite charge blanche renforçante qui est constitué d'un alkylalkoxysilane.

15